

ЛЕКЦІЯ

ІНДУКЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

План:

1. Принцип роботи індукційних перетворювачів.
2. Перетворювачі лінійної та кутової швидкостей.
3. Застосування індукційних перетворювачів. Тахометри.
4. Похибки індукційних перетворювачів.

Індукційні перетворювачі використовують для перетворення лінійної чи кутової швидкості тіла в електрорушійну силу. В основі їх роботи лежить закон електромагнітної індукції.

Різновидностями індукційних перетворювачів є перетворювачі швидкості лінійних переміщень, вібрацій, частоти обертання, витрат рідини та інше.

Основним елементом такого перетворювача є індукційна котушка, що знаходиться в постійному магнітному полі, рис.1.

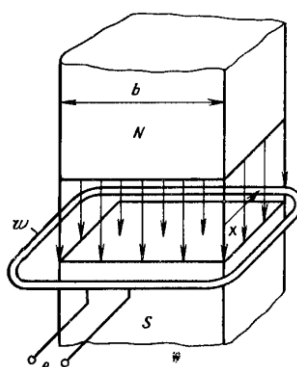


Рис.1. Одновиткова котушка в постійному магнітному полі.

Переміщення котушки в магнітному полі приводить до зміни магнітного потокозчеплення Ψ її витків.

Індукована в котушці електрорушійна сила

$$\varepsilon = - \frac{d\Psi}{dt} , \quad (1)$$

Потокозчеплення

$$\Psi = w\Phi = wBQ , \quad (2)$$

де w - число витків котушки; Φ - магнітний потік, що проходить через котушку;
 Q - площа через яку проходить цей потік; B - індукція магнітного поля.

Із виразів (1, 2) слідує, що ЕРС в котушці може створюватись за рахунок зміни в часі будь-якої з величин: числа витків у магнітному полі - w , магнітної індукції - B , поперечного січення Q магнітного потоку, що пронизує витки котушки.

Перетворення лінійної швидкості в ЕРС

Для прикладу візьмемо перетворювач, який являє собою систему із постійного магніту NS, між полюсами якого, перпендикулярно силових ліній, переміщується одновиткова котушка, рис.2.

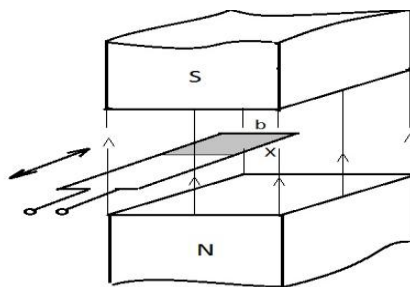


Рис.2.

У даному разі із зміною величини переміщення x змінюється площа котушки Q , що знаходиться в магнітному полі,

$$Q = bx, \quad (3)$$

де b – поперечні розміри котушки в магнітному полі. Величина потокозчеплення котушки з магнітним полем

$$\Psi = wBbx. \quad (4)$$

Відповідно, індукована ЕРС

$$\varepsilon = -\frac{d\Psi}{dt} = -wBb\left(\frac{dx}{dt}\right). \quad (5)$$

Таким чином, знаючи величину ЕРС та деякі параметри перетворювача можна визначити швидкість переміщення котушки - $\frac{dx}{dt}$.

Схеми перетворювачів лінійної та кутової швидкості вібрації в ЕРС

Перетворювач лінійної швидкості вібрації має кільцевий магніт 1, вставлений в стальне ярмо 2, рис.3 а).

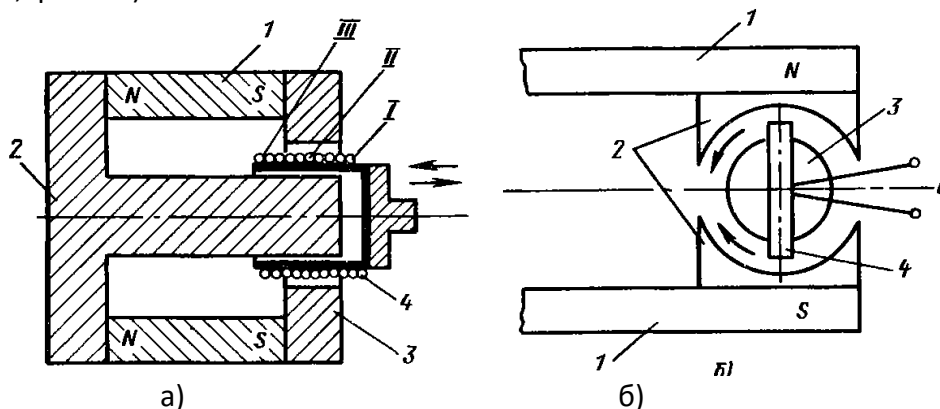


Рис.3 а,б). Індукційні перетворювачі лінійної швидкості вібрацій – а) та кутової швидкості вібрацій – б).

Магнітний потік від постійного магніту 1 проходить по центральному циліндричному сердечнику 2 через повітряний проміжок і кільцевий полюсний наконечник 3. В циліндричному повітряному проміжку знаходиться намотана на каркас котушка 4. Під дією вхідного сигналу вона може переміщуватись в повітряному зазорі поздовж осі перетворювача.

Котушку умовно ділять на три частини I–III: I – знаходиться зовні магнітопровода, і магнітний потік в неї не заходить, II – знаходиться в повітряному зазорі, утвореному полюсними наконечниками і циліндричним сердечником. Магнітний потік, що проходить через витки цієї частини котушки, не змінюється в часі, число витків також залишається постійним. В цій частині котушки ЕРС не наводиться. Частина III котушки знаходиться поза повітряним зазором, але всередині магнітної системи. Магнітний потік, що проходить через витки цієї котушки, також постійний, але при вібрації котушки змінюється число витків. Зміна числа витків приводить до зміни потокозчеплення і наводить ЕРС. Витки котушки намотують рівномірно. При цьому ЕРС перетворювача пропорційна швидкості вібрації.

Індуктивні перетворювачі можуть застосовуватись також для вимірювання кутової вібраційної швидкості. Схема такого перетворювача показана на рис.3 б). Він складається із постійного магніту 1, полюсних наконечників 2, циліндричного сталюого сердечника 3 і котушки 4.

При повороті котушки навколо осі на деякий кут α , площа котушки, через яку проходить магнітне поле змінюється згідно виразу $Q \cdot \cos(\alpha)$. Величина індукованої ЕРС

$$\varepsilon = \frac{d\Psi}{dt} = wBQ \frac{d}{dt}(\cos(\alpha)). \quad (6)$$

Кут α — це кут між лініями індукції та нормаллю до поперечного січення котушки.

Індукційні перетворювачі мають високу чутливість, що дозволяє вимірювати малі переміщення, швидкості, прискорення які міняються з частотою до 30 кГц. Похибка вимірювання може бути зведена до 0.15 – 0.2 %.

Тахометричні перетворювачі.

Перетворювачі цього типу являють собою електромашинні генератори і призначені для вимірювання частоти обертів роторів, валів, дисків у різних машинах та механізмах. Як приклад розглянемо синхронний перетворювач з обертним постійним магнітом рис.4.

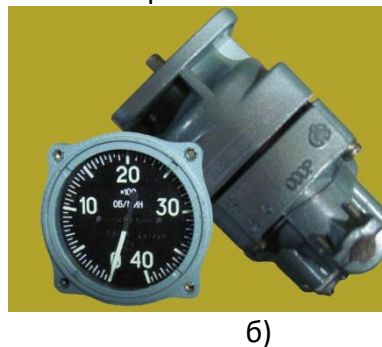
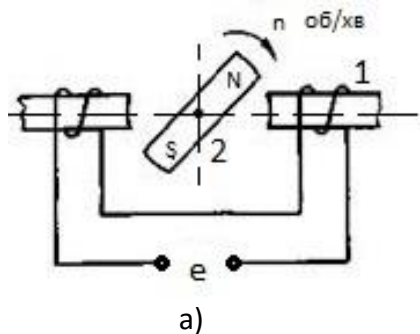


Рис.4 а,б). Схема індукційного тахометра –а) та його зовнішній вигляд – б).

Він складається із статора 1, на якому розміщена обмотка і ротора 2, з закріпленням постійним магнітом. При обертанні ротора з магнітом, змінюється величина магнітного

поток, що проходить через обмотку статора. Як наслідок, у статорі індукується перемінна ЕРС. Функція перетворення даного тахометра

$$\varepsilon = -\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{d(wBQ)}{dt} = -wQ \frac{dB}{dt}, \quad (7)$$

а, частота ЕРС f_ε пропорційна частоті обертання ротора :

$$f_\varepsilon = \frac{nP}{60}, \quad (8)$$

де n – частота обертання, оберт/хвилину; P – число пар полюсів магніту.

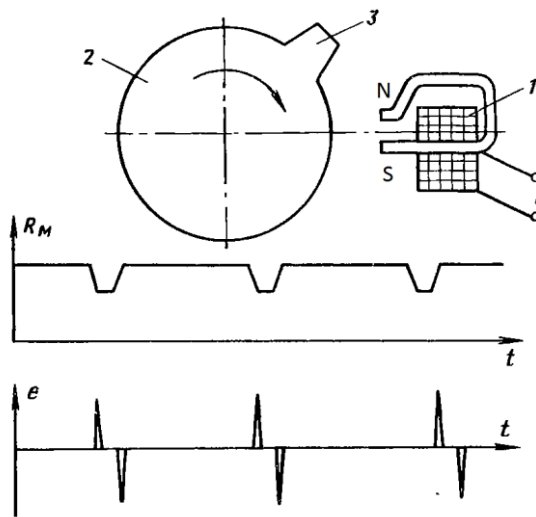
Із виразу (8) легко визначити частоту обертання ротора.

$$n = \frac{60 \cdot f_\varepsilon}{P} \quad (9)$$

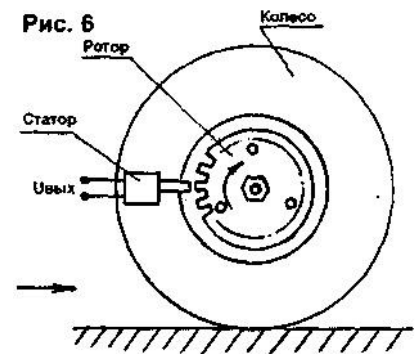
Для визначення значення частоти ЕРС використовують частотоміри.

Даного типу перетворювачі застосовують, зокрема, у крильчатих лічильниках для вимірювання об'єму використаної води.

Наступною різновидністю індукційних тахометричних перетворювачів являються імпульсні перетворювачі, рис. 5 а,б). Перетворювач цього типу являє собою котушку 1 з розімкнутим феромагнітним сердечником, встановленим біля вала 2, частота обертання якого вимірюється. На валу монтується один або декілька феромагнітних зубців 3.



а)



б)

Рис.5 а,б) .

Сердечник котушки 1 попередньо намагнічується. При обертанні вала зуб 3 проходить біля котушки і зменшує магнітний опір сердечника, як показано на верхньому графіку. У відповідності з цим змінюється магнітний потік, що проходить через котушку 1. В результаті індукується змінна ЕРС. З електричних клем котушки знімається послідовність двополярних імпульсів, частота яких рівна частоті проходження зубців поблизу котушки, тобто пропорційна частоті обертів вала, нижній графік на

рисунку .

На рис.5 б) зображено схему використання імпульсного тахометра для визначення відстані , пройденою автомобілем. Перетворювач встановлюється біля колеса автомобіля.

Вторинним перетворювачем імпульсного індукційного перетворювача являється частотомір , проградуирований в одиницях частоти обертання .

Похибки індукційних перетворювачів

ЕРС індукційних перетворювачів пропорційна швидкості переміщення котушки лише при умові , що індукція B постійна на протязі всього шляху її переміщення . Непостійність величини індукції викликає появу похибок .

Похибки індукційних перетворювачів в значній мірі залежать від струму , який споживає вторинний перетворювач (частотомір) . Проходячи по вимірювальній обмотці індукційного перетворювача , цей струм створює магнітне поле , яке згідно правила Ленца направлено назустріч напрямку основного поля і проводить розмагнічуючі дії . Внаслідок цього сумарна індукція зменшується , зменшується також і ЕРС перетворювача . Це явище , що має місце в електричних машинах і , зокрема , в тахометричних перетворювачах називається реакцією якоря . Унаслідок реакції якоря зменшується чутливість тахометричного перетворювача і його функція перетворення стає нелінійною , що приводить до похибок . Для зменшення похибок слід зменшити струм перетворювача . Можливі також конструктивні методи зменшення цієї похибки .

Описаний вид похибки властивий тахометричним перетворювачам , оскільки їх вторинними приладами служать електромеханічні прилади з великим споживанням потужності .

Таким чином, похибки індукційних перетворювачів в значній мірі залежать від режиму , в якому вони працюють . Найбільша похибка виникає в режимі , при якому через навантаження проходить значний струм .
